

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09245318 A**

(43) Date of publication of application: **19 . 09 . 97**

(51) Int. Cl. **G11B 5/39**

(21) Application number: **08051303**

(22) Date of filing: **08 . 03 . 96**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor:  
**FUYAMA MORIAKI**  
**SUZUKI YOSHIO**  
**SHIBUKAWA YOSHIHIRO**  
**KOMURO MATAHIRO**  
**HOSHIYA HIROYUKI**  
**WATANABE KATSURO**  
**TADOKORO SHIGERU**  
**HIRAGA MAKOTO**

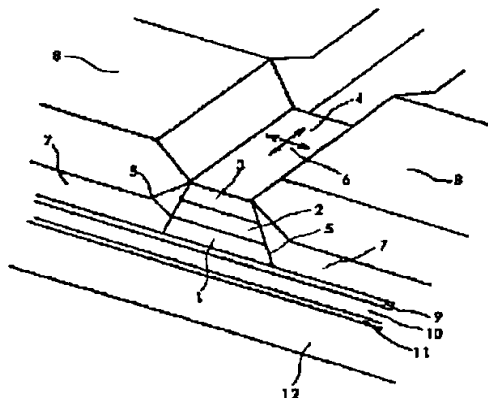
(54) **MAGNETORESISTIVE HEAD**

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To stabilize electromagnetic conversion characteristics and to decrease Barkhausen noises and surge fluctuations by forming permanent magnet films thinly at both ends of a magnetoresistance effect element.

**SOLUTION:** The central active region of the magnetoresistive head is composed of an MR film 3, a SAL 1 which is a soft bias film for impressing a transverse bias and a separating film 2 for separating two magnetic films. The end passive regions impart a longitudinal bias to the central active region. The permanent magnet film 7 is formed thinner than the total of the SAL 1, the separating film 2 and the MR film 3 after the SAL 1, the separating film 2 and the MR film 3 are formed to the prescribed shape after the formation of the MR film 3 to the prescribed shape. A taper is formed at the permanent magnet film in such a manner that the film remains at the end with the MR film 3 by removing the film so as not to remain in the part of the MR film 3.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-245318

(43)公開日 平成9年(1997)9月19日

(51)Int. Cl. <sup>6</sup>

G 1 1 B 5/39

識別記号

庁内整理番号

F I

G 1 1 B 5/39

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平8-51303

(22)出願日 平成8年(1996)3月8日

特許法第30条第1項適用申請有り 1995年11月, No. 441  
発行の「中研 No. 441」に発表

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72)発明者 府山 盛明  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 鈴木 良夫  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 渋谷 佳弘  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

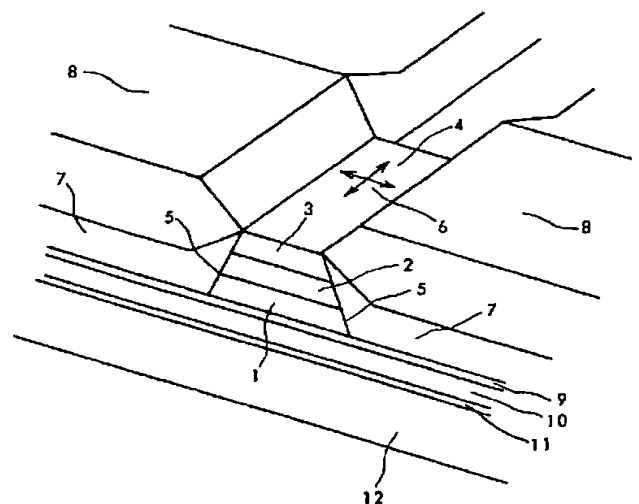
(54)【発明の名称】磁気抵抗効果型ヘッド

(57)【要約】

【課題】永久磁石膜からの漏洩磁界および交換結合によりバルクハウゼンノイズを抑制し、高再生出力の磁気抵抗効果型ヘッドを提供する。

【解決手段】永久磁石膜と反強磁性膜による縦バイアス磁界と軟磁性による横バイアス磁界を印加した磁気抵抗効果素子を有する磁気抵抗効果型ヘッド。

図 1



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】磁界によって電気抵抗が変化する磁気抵抗効果膜、磁気抵抗効果膜に横バイアス磁界を印加する横バイアス膜及び前記磁気抵抗効果膜と横バイアス膜との間に設けられた分離膜を有する磁気抵抗効果素子膜からなり、該磁気抵抗効果素子膜の両端部に接して設けられた前記磁気抵抗効果膜に縦バイアスを印加する一対の永久磁石膜及び前記磁気抵抗効果膜に信号検出電流を流す前記永久磁石膜上に設けられた一対の電極膜を有し、該永久磁石膜の厚さは前記磁気抵抗効果素子膜の厚さより 10 小さいことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

$$\text{Co}_a\text{Cr}_b\text{Pt}_c\text{又は}$$

## 【数2】

$$(\text{Co}_a\text{Cr}_b\text{Pt}_c)_{1-x}(\text{MO}_y)_x$$

(但し、 $x=0.01\sim0.20$ 、 $y:0.4\sim3$ 、 $a:0.7\sim0.9$ 、 $b:0\sim0.15$ 、 $c:0.03\sim0.15$ 、 $M:\text{Ti}, \text{V}, \text{Zr}, \text{Mo}, \text{Hf}, \text{Ta}, \text{W}, \text{Al}, \text{Si}$ 及び $\text{Cr}$ の少なくとも一つ)

【請求項4】磁界によって電気抵抗が変化する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に横バイアス磁界を印加する軟磁性膜からなる横バイアス膜と、該横バイアス膜と磁気抵抗効果膜を磁氣的に分離する非磁性膜からなる分離膜と、前記磁気抵抗効果膜、横バイアス膜及び分離膜の両端部に接して設けられた前記磁気抵抗効果膜に縦バイアス磁界を印加する永久磁石膜と、該永久磁石膜上に設けられた前記磁気抵抗効果膜に電流を流す一対の電極とからなり、前記磁気抵抗効果膜に横バイアス磁界を印加するための軟磁性膜が、ニッケル-鉄合金、コバルト、ニッケル-鉄-コバルト合金の一種と、酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化チタン、酸化ベリリウム、酸化マグネシウム、希土類酸素化合物、窒化ジルコニウム、窒化ハフニウム、窒化アルミニウム、窒化チタン、窒化ベリリウム、窒化マグネシウム、窒化シリコン、及び希土類酸素化合物の内から選択された一種以上の化合物とからなることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項5】請求項4において、前記磁気抵抗効果膜に横バイアス磁界を印加するための軟磁性薄膜の比抵抗が、 $70\mu\Omega\text{cm}$ 以上である磁気抵抗効果型磁気ヘッド。 40

【請求項6】請求項4又は5において、前記横バイアス膜がニッケルを78～84原子%を有するニッケル-鉄系合金よりなる磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項7】基板上に設けられた一対の永久磁石膜と、該永久磁石膜上の各々に形成された一対の電極と、前記永久磁石間に接して設けられた磁気抵抗効果素子膜とを有する磁気抵抗効果型磁気ヘッドであって、前記素子膜は前記基板側より酸化ニッケルよりなる反強磁性膜、2層の強磁性膜、非磁性金属膜及び軟磁性膜が順次形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。 50

2

【請求項2】請求項1において、前記永久磁石膜が $\text{Co-Pt}$ 合金、 $\text{Co-Cr-Pt}$ 合金、又はこれらの合金に $\text{Ti}$ 酸化物、 $\text{V}$ 酸化物、 $\text{Zr}$ 酸化物、 $\text{Nb}$ 酸化物、 $\text{Mo}$ 酸化物、 $\text{Hf}$ 酸化物、 $\text{Ta}$ 酸化物、 $\text{W}$ 酸化物、 $\text{Al}$ 酸化物、 $\text{Si}$ 酸化物、 $\text{Cr}$ 酸化物の内の少なくとも1元素を含む合金のいずれかからなる磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項3】請求項1において、前記永久磁石膜が(数1)又は(数2)の組成からなることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【数1】

…(数1)

…(数2)

【請求項8】請求項7において、前記2層の強磁性膜は前記基板側から $\text{Ni}70\sim95$ 原子%を含む鉄合金層と $\text{Co}$ 層及び前記軟磁性膜が前記鉄合金層又は前記基体側から $\text{Co}$ 層と前記鉄合金層とからなる磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項9】請求項7又は8において、前記2層の強磁性膜は前記反強磁性側から軟磁性膜及び該軟磁性膜より磁気抵抗変率の大きい軟磁性膜からなる磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項10】基板上に設けられた一対の永久磁石膜と、該永久磁石膜上の各々に形成された一対の電極と、前記永久磁石間に接して設けられた磁気抵抗効果素子膜とを有する磁気抵抗効果型磁気ヘッドであって、前記素子は前記基板側より反強磁性膜、強磁性膜、非磁性膜、軟磁性膜、非磁性膜、強磁性膜、及び反強磁性膜が順次積層されていることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。 30

【請求項11】前記反強磁性膜が酸化ニッケルであり、前記基板側の強磁性膜が $\text{Ni}70\sim95$ 原子%を含む鉄合金層と $\text{Co}$ 層、前記軟磁性膜が前記鉄合金層及び後者の強磁性膜が前記基体側より $\text{Co}$ 層と前記鉄合金層とからなる請求項10記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項12】前記強磁性膜が、 $\text{Ni}70\sim95$ 原子%、 $\text{Fe}5\sim30$ 原子%及び $\text{Co}1\sim5$ 原子%の合金、又は、 $\text{Co}30\sim85$ 原子%、 $\text{Ni}2\sim30$ 原子%及び $\text{Fe}2\sim50$ 原子%の合金である請求項10記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項13】前記非磁性導電膜が、 $\text{Au}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Cu}$ の何れか一つである請求項10記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は新規な磁気抵抗効果型磁気ヘッド及びそれを用いた磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】2層の磁性層を非磁性層で分離し、一方の磁性層に反強磁性層からの交換バイアス磁界を印加する構造のヘッドが考案され、このような多層膜において抵抗 $R$ が2層の磁性層の磁化の間の角 $\theta$ の関数として、 $\cos \theta$ に比例して変化する効果を、巨大磁気抵抗効果と呼んでいる。このような多層膜により巨大磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗効果型ヘッドは、従来の異方性磁気抵抗効果を利用したヘッドと比べて大きい磁気抵抗変化量 $\Delta R$ を示すことが知られている。しかし、巨大磁気抵抗効果型ヘッドの課題として、バルクハウゼンノイズの抑制がある。磁気抵抗効果膜に、磁壁などが入って磁化状態が不安定であると大きなノイズが発生する。このノイズを抑止するためには、磁気抵抗効果膜に対して、トラック幅方向にいわゆる「縦バイアス磁界」を印加することが有効であることがAMRヘッドに関しては、よく知られている。巨大磁気抵抗効果型ヘッドにおいても、自由側磁性層の磁化状態を安定化させるために、縦バイアスを印加する方法が特開平4-358310号に開示されている。これによると、磁性膜の両端部に強磁性もしくは反強磁性の膜を積層して、これと感磁部磁性膜との交換結合により縦バイアス磁界を与え、磁化状態を安定させる。

【0003】磁気抵抗効果型磁気ヘッドにおいて、磁気抵抗効果膜を高感度にするに十分なレベルに横バイアス磁界を印加するため、磁気抵抗効果膜に隣接して軟磁性膜（以下、バイアス膜と記す）を配置する構造は既に公知である。このバイアス膜は、磁気抵抗効果膜と磁気的には非磁性層によって分離されるが、電気的には磁気抵抗効果膜と並列の回路を形成するので、磁気抵抗効果型磁気ヘッドの出力を増大させるには、バイアス膜の電気抵抗をより増大させることが必要である。

【0004】実願昭60-159518号明細書には、バイアス膜を非晶質軟磁性膜とした磁気抵抗効果型磁気ヘッドが開示されている。

【0005】また、金属磁性合金に化合物を添加した磁性薄膜として、特開昭60-170213号公報には、鉄、コバルト、ニッケルの一種以上の合金と、これらの金属より酸素との親和力が大きな金属の部分酸化物薄膜が、基板に垂直方向の保磁力が大きいことが述べられている。さらに、特開昭63-164406号公報には、ニッケル-鉄合金と、析出物を生じさせることなく同時に蒸着可能な金属及び非金属からなる化合物とからなる組成物の単一相である磁気ヘッド磁極用磁性薄膜が開示されており、磁極片をこのような磁性薄膜とすることによって、磁極の耐摩耗性が向上することが述べられている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記のような、従来提案されてきた巨大磁気抵抗効果を利用した磁気ヘッドは、トラック幅方向の感度分布の裾が長いこと、高いトラック密度での再生において隣接トラックからのクロス

トークが大きいという問題があった。

【0007】また、磁区制御のために縦バイアス膜を設けた場合にも、磁性層と重なる部分が存在すると、硬磁性層の端部と感磁部磁性層の重なる部分で磁界が急激に変化するために、この近傍に磁壁など不規則な磁化状態が発生しやすく、バルクハウゼンノイズや出力波形の変動の原因となる。

【0008】バイアス膜は、上述のように電気抵抗が大きく、保磁力が小さく、十分な横バイアス磁界を印加するために、ある程度大きな飽和磁束密度を有する材料であることが必要である。また、横バイアス磁界は磁気抵抗効果型磁気ヘッドの感度、再生波形の線形性を決定する重要なパラメータであり、バイアス膜の磁気特性の変動が小さく、横バイアス磁界の大きさが変化しないことが必要である。

【0009】バイアス膜に非晶質膜を用いた場合、公知のように非晶質膜は電気抵抗が大きいので、ヘッドの再生電圧の向上が期待される。しかし、バイアス膜に非晶質合金膜を用いると、非晶質状態が本質的に準安定状態であるため、膜の軟磁気特性を安定化することが難しい。非晶質膜の磁気特性は強磁場の印加や温度の上昇によって変化し易く、ヘッドの加工プロセス中に磁気特性が変化する場合がある。また、特開昭60-170213号公報に記載の磁性薄膜は、垂直方向保磁力の大きな磁性薄膜であり、ここで述べられている磁性薄膜をバイアス膜に用いることはできない。

【0010】また、特開昭63-164406号公報に記載の磁性薄膜は、磁気ヘッドの磁極用の耐摩耗性薄膜であり、磁気特性的にはバイアス膜として十分であると考えられるが、この薄膜の電気抵抗については何ら述べられていない。

【0011】本発明の目的は、巨大磁気抵抗効果を用いた、高出力でノイズの少ない磁気抵抗効果型ヘッドとそれを用いた磁気記録再生装置を提供するにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、磁界によって電気抵抗が変化する磁気抵抗効果膜、磁気抵抗効果膜に横バイアス磁界を印加する横バイアス膜及び前記磁気抵抗効果膜と横バイアス膜との間に設けられた分離膜を有する磁気抵抗効果素子膜からなり、該磁気抵抗効果素子膜の両端部に接して設けられた前記磁気抵抗効果膜に縦バイアスを印加する一対の永久磁石膜及び前記磁気抵抗効果膜に信号検出電流を流す前記永久磁石膜上に設けられた一対の電極膜を有し、該永久磁石膜の厚さは前記磁気抵抗効果素子膜の厚さより小さいことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッドにある。

【0013】前記永久磁石膜がCo-Pt合金、Co-Cr-Pt合金、又はこれらの合金にTi酸化物、V酸化物、Zr酸化物、Nb酸化物、Mo酸化物、Hf酸化物、Ta酸化物、W酸化物、Al酸化物、Si酸化物、

5

Cr 酸化物の内の少なくとも 1 元素を含む合金のいずれかからなるものが好ましい。

【0014】前記永久磁石膜が(数1)又は(数2)の  

$$\text{Co}_a\text{Cr}_b\text{Pt}_c\text{又は}$$

【0016】

$$(\text{Co}_a\text{Cr}_b\text{Pt}_c)_{1-x}(\text{MO}_y)_x$$

(但し、 $x=0.01\sim0.20$ ,  $y:0.4\sim3$ ,  $a:0.7\sim0.9$ ,  $b:0\sim0.15$ ,  $c:0.03\sim0.15$ ,  $M:\text{Ti}, \text{V}, \text{Zr}, \text{Mo}, \text{Hf}, \text{Ta}, \text{W}, \text{Al}, \text{Si}$  及び Cr の少なくとも一つ)

本発明は、磁界によって電気抵抗が変化する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に横バイアス磁界を印加する軟磁性膜からなる横バイアス膜と、該横バイアス膜と磁気抵抗効果膜を磁氣的に分離する非磁性膜からなる分離膜と、前記磁気抵抗効果膜、横バイアス膜及び分離膜の両端部に接して設けられた前記磁気抵抗効果膜に縦バイアスを磁界を印加する永久磁石膜と、該永久磁石膜上に設けられた前記磁気抵抗効果膜に電流を流す一対の電極とからなり、前記磁気抵抗効果膜に横バイアス磁界を印加するための軟磁性膜が、ニッケル-鉄合金、コバルト、ニッケル-鉄-コバルト合金の一種と、酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化チタン、酸化ベリリウム、酸化マグネシウム、希土類酸素化合物、窒化ジルコニウム、窒化ハフニウム、窒化アルミニウム、窒化チタン、窒化ベリリウム、窒化マグネシウム、窒化シリコン、及び希土類窒素化合物の内から選択された一種以上の化合物とからなることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッドにある。

【0017】前記磁気抵抗効果膜に横バイアス磁界を印加するための軟磁性薄膜の比抵抗が、 $70\mu\Omega\text{cm}$ 以上であるものが好ましい。

【0018】前記横バイアス膜がニッケルを 78~84 原子%を有するニッケル-鉄系合金よりなるものが好ましい。

【0019】本発明は、基板上に設けられた一対の永久磁石膜と、該永久磁石膜上の各々に形成された一対の電極と、前記永久磁石間に接して設けられた磁気抵抗効果素子膜とを有する磁気抵抗効果型磁気ヘッドであって、前記素子膜は前記基板側より酸化ニッケルよりなる反強磁性膜、2層の強磁性膜、非磁性金属膜及び軟磁性膜が順次形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッドにある。

【0020】前記2層の強磁性膜は前記基板側から Ni 70~95 原子%の鉄合金層と Co 層とからなるものが好ましい。

【0021】前記2層の強磁性膜は前記反強磁性側から軟磁性膜及び該軟磁性膜より磁気抵抗変化率の大きい軟磁性膜からなるものが好ましい。

【0022】本発明は、基板上に設けられた一対の永久磁石膜と、該永久磁石膜上の各々に形成された一対の電

6

組成からなることが好ましい。

【0015】

【数3】

…(数1)

【数4】

…(数2)

極と、前記永久磁石間に接して設けられた磁気抵抗効果素子膜とを有する磁気抵抗効果型磁気ヘッドであって、前記素子は前記基板側より反強磁性膜、強磁性膜、非磁性膜、軟磁性膜、非磁性膜、強磁性膜、及び反強磁性膜が順次積層されていることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッドにある。

【0023】本発明では MR センサ端部受動領域に配置される永久磁石膜として Co 系磁性膜又はこれに酸化物を添加した膜を用いるのが好ましい。酸化物を Co 系磁性膜に添加すると Co 系磁性膜の保磁力が大きくなる。

【0024】さらに酸化物を添加することにより結晶配向が乱れ、下地膜の影響が小さくなる。また Co 系磁性膜に酸化物を添加することにより保磁力が増加する原因は永久磁石膜の結晶粒界に析出した酸化物により各結晶粒の磁氣的結合が遮断されるためである。よってこの機構により保磁力が増加している永久磁石膜の保磁力は下地膜の影響を受けにくい。

【0025】また、本発明では永久磁石膜を非磁性層により分割された多層膜とする。単層の Co 系永久磁石膜の保磁力は膜厚 10 nm~30 nm において最大値をとる。そこで永久磁石膜を非磁性層で分割された多層構造とする。各永久磁石膜の膜厚は最も保磁力の高くなる膜厚に設定することにより単層厚膜での保磁力の低下を回避できる。ここで全永久磁石膜の膜厚は中央能動領域に適切なバイアス磁界を与えるように設定される。

【0026】本発明はニッケル-鉄合金、コバルト、ニッケル-鉄-コバルト合金の一種と、酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化チタン、酸化ベリリウム、酸化マグネシウム、希土類酸素化合物、窒化ジルコニウム、窒化ハフニウム、窒化アルミニウム、窒化チタン、窒化ベリリウム、窒化マグネシウム、窒化シリコン、及び希土類窒素化合物の内から選択された一種以上の化合物と、からなる軟磁性薄膜をバイアス膜に用いることによって、再生出力が大きな磁気抵抗効果型磁気ヘッドが得られる。バイアス膜に含まれる化合物の量は、磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、化合物の酸素あるいは窒素を除いた原子の割合が、酸素及び窒素を除いた全原子に対して 3 から 20 % であることが好ましい。これは、化合物の量が 3 % 以下では電気抵抗の増加が小さく、また、20 % 以上では飽和磁束密度が低下し、バイアス膜として十分な値でなくなるためである。本発明のバイアス膜の比抵抗は、ほぼ化合物の添加量に比例して増大するが、磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、 $70\mu\Omega\text{cm}$  以上の比抵抗を有することが好ましい。これは

10

20

30

40

50

バイアス膜の比抵抗が、磁気抵抗効果膜の比抵抗に比べて十分大きくなければ磁気抵抗効果型ヘッドの出力が低下するためである。磁気抵抗効果膜の比抵抗は  $20 \sim 30 \mu\Omega\text{cm}$  であり、バイアス膜の比抵抗は少なくともこの2倍が目安となるためである。

【0027】本発明のバイアス膜は蒸着、スパッタリング法、イオンビームスパッタリング法などの方法によって作製できる。スパッタリングあるいはイオンビームスパッタリングの際のターゲットは、ニッケル、鉄、コバルト等からなる合金の粉末と化合物の粉末を適当な方法によって混合し、焼結、成形するか、あるいはニッケル、鉄、コバルト等からなる金属ターゲット上に化合物のチップを配置したターゲットで良く、このようなターゲットを用いることによってニッケル、鉄、コバルト等からなる合金と化合物を同時に蒸着することができる。また本発明のバイアス膜は、スパッタリング装置内に、ニッケル、鉄、コバルト等からなる金属ターゲットと、化合物のターゲットを配置し、ターゲットから放出される各々の粒子が基板上で実質的に混合されるような方法によっても作製可能である。

【0028】磁気抵抗効果型磁気ヘッドのバイアス膜は、前述のように軟磁気特性と高い電気抵抗を併せ持つことが必要である。また、それらの特性がヘッドの作製プロセス中に変化しないことも必要である。電気抵抗の増加のために、金属中に他の元素を添加することが行われるが、軟磁性薄膜に金属元素を添加すると、添加した金属元素と磁性元素が金属結合するため、磁性元素の電子状態が大きく変化し、軟磁気特性が損なわれることが多い。本発明のバイアス膜に含まれる化合物は化合物自体がすでにイオン結合をしているため、磁性金属元素の電子状態を大きく変化させることなく、すなわち、軟磁気特性を損なわずに膜の電気抵抗を上昇させることができる。このように電気抵抗の大きな軟磁性膜をバイアス膜に用いることによって、バイアス膜に分流される電流が減少し、磁気抵抗効果型磁気ヘッドの再生電圧が増大する。

【0029】また、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドのバイアス膜は、結晶質合金であるので、熱的に安定であり、磁気特性の変化は小さい。

【0030】本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドのバイアス膜に含まれる化合物は、一般的に膜作製中に不可避免的に形成される不純物とは区別される。本発明の添加化合物は、膜作製のための原料或いは材料中に化合物の形で実質的に存在するものである。

【0031】本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドのバイアス膜の化合物は、十分大きな結合エネルギーを持つものである。一般に薄膜は真空装置中で気相から原子を凝縮させることによって作製される。結合エネルギーの小さな化合物は、蒸発過程あるいは凝縮過程で分解してしまい、分解によって発生した酸素や窒素などが磁性元素と

結合し、磁気特性を損なう。これに対し、化合物のように結合エネルギーの大きな化合物は分解せず、化合物のまま膜中に取り込まれる。本発明の添加化合物の内、窒素化合物は同酸素化合物に比べれば結合エネルギーが小さい。しかし、磁性元素である、ニッケル、鉄、及びコバルトの窒素との結合エネルギーが非常に小さいので、酸化物添加元素に比べ結合エネルギーが小さくても分解せず、膜中に安定に存在する。

【0032】本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドのバイアス膜のニッケル、鉄、コバルト、等の金属元素と、化合物は、これらを同時に蒸着することによって、膜中に均一に分散する。これら金属元素と化合物は、バルク状態ではほとんど混ざり合わないが、本発明の製造法のように、同時に蒸着することによって、均一に分散し、良好な軟磁気特性を示す。

【0033】本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドを用いた磁気記録再生装置は、コンピュータ等の外部装置に接続して使用されることが好ましく、信号を磁氣的に保持する信号を磁氣的に記憶する記録媒体と、記録媒体に対して相対的に移動する電磁変換構造体と、記録媒体を回転させるための手段と、電磁変換構造体を記録媒体上の所定の位置に移動させるための手段と、を有することが好ましい。更に好ましくは外部の情報処理装置と接続するためのインターフェイス回路や記録媒体に記憶されている信号を処理するための回路をも有する。

【0034】本発明に搭載される記録媒体とは、いわゆる磁気ディスクであって、信号を磁氣的に記憶する磁性膜に加え、基板、保護膜等を有するものであり、記録媒体に記録される磁気的信号は、記録媒体面に平行に記録される場合、又は記録媒体面に垂直に記録される場合であっても良い。記録媒体の磁性膜としては、磁氣的に信号を保持できる程度の保磁力を有する必要がある。

【0035】本発明の磁気記録再生装置に搭載される磁気抵抗効果素子は、記録媒体に対して相対的に駆動する方向、つまり記録媒体に対して平行方向に、基板、反強磁性膜、磁性膜、非磁性導電膜、軟磁性膜、非磁性導電膜、磁性膜、及び反強磁性膜を積層してなることを特徴とするものである。

【0036】前記反強磁性膜には、酸化ニッケルを用いることが好ましく、その他、鉄マンガン合金薄膜、クロムマンガン、クロムアルミ合金膜等が用いられる。

【0037】本発明における硬磁性膜である永久磁石膜は、前述のコバルト-白金系合金、鉄-コバルトテルビウム合金膜が用いられる。硬磁性膜とは、外部磁界に対してその磁化の変化しにくい磁性膜であって、保磁力が例えば  $100 \text{ エルステッド}$  以上であるとする、 $50 \text{ エルステッド}$  の磁界を加えてもその磁化の方向は殆ど変化しないので、反強磁性膜と同様の効果がある。つまり、他の磁性膜に密着して形成したときに交換結合バイアスによる一方向異方性を印加できる特性を有するもので、磁

気抵抗効果膜に縦バイアス磁界を形成するものである。

【0038】前記磁性膜には、Ni 70～95原子%、Fe 5～30原子%及びCo 1～5原子%の合金、又はCo 30～85原子%、Ni 2～30原子%及びFe 2～50原子%の合金を用いることが好ましく、その他、パーマロイ、パーメンダー合金等を用いても良い。つまり、強磁性で良好な軟磁気特性を有するものを用いることが好ましい。

【0039】前記非磁性導電膜には、Au、Ag、Cuを用いることが好ましく、その他、Cr、Pt、Pd、Ru、Rh等またはこれらの合金を用いても良い。つまり、室温で自発磁化を持たず、電子の良好な透過性を有するものを用いることが好ましい。以上の膜は、それぞれ2～1000□程度の膜厚を有することが好ましい。

【0040】また、非磁性導電膜の代わりに、極めて薄い非磁性絶縁膜を使用することもできる。つまり、この膜は磁性膜と磁性膜との間を電子が移動できるものであれば足りるため、例えばトンネル効果を使用しても良い。この場合には、前記非磁性絶縁膜は電子のトンネリングが可能である程度に薄い必要があり、一般的には100□以下、実質的には50□以下に形成する。上記形成の手段としては前記軟磁性膜の表面酸化、あるいは、前記軟磁性膜上に別個に形成した金属膜、例えばアルミニウム、の表面の酸化膜を前記非磁性絶縁膜として用いることが好ましい。この他、酸化アルミニウム膜等を成膜して用いても良い。つまり、磁性膜間の磁気的な結合を遮断する特性を有するものを用いることが好ましい。

【0041】更に、前記基板は、これらの膜を形成するための下地であって、磁気ディスク装置のスライダとしての機能を有するものでも良く、この材料としては5%以下のTiCを含むアルミナ、安定化ジルコニア等のセラミックス焼結体が好ましい。

【0042】こうした膜構成を有することにより、磁気抵抗効果素子はその電気抵抗が微弱な外部磁界に対して変化する機能を有し、しかもその電気抵抗の変化の割合が5%から10%と大きい効果を有する。このため、本発明の磁気記録再生装置は、アナログ状態で記録された信号を再生時には直接デジタル化する機能をも有し、さらにディスク面積あたりの記録容量、即ち記録密度が高くせしめる効果を有する。

【0043】また、膜構成としては、基板上に酸化アルミニウム、酸化ニッケルなどの平坦な膜を形成してなるもの、又は基板上に、鉄、チタン、タンタル、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブ、コバルト鉄合金などの膜を下地としてさらに形成してなるものであっても良い。基体上の膜は、その表面上に多層膜を平坦に形成する効果を有し、基体表面上に均質かつ平坦な膜構造を有することが好ましく、それぞれの膜の厚みは金属の膜では20から200□、金属以外の膜では5から1000□程度であることが好ましい。

【0044】本発明の磁気抵抗効果素子の膜は少なくとも磁性膜／非磁性導電膜／磁性膜の構造を持つ。こうした非磁性導電膜を間に挟んだ磁性膜のサンドウィッチ構造を有することにより、磁性膜／非磁性膜界面において電子のスピンの依存散乱を生じさせる機能を有し、二つの磁性膜の間での磁気抵抗効果を生じさせる効果を有する。また、磁性膜間の磁気的な結合を遮断する機能を有し、磁気抵抗効果素子の外部磁界に対する感度を向上する効果を有する。

【0045】これにより、本発明の磁気記録再生装置は、一定の信号に対して常に同一の出力を得る、良好な再現性を有し、再生時のエラーレイトを低減する効果を有する。

【0046】本発明は、反強磁性膜／磁性膜／非磁性導電膜／磁性膜／硬磁性膜の膜構成を有することが好ましく、反強磁性膜及び硬磁性膜のそれぞれの膜の厚みは20から2000□程度であることが好ましい。

【0047】本発明における永久磁石膜以外のMR膜に対して積層されるバイアス膜は、磁性膜及び非磁性膜よりもさらに基板側に配置することが好ましく、表面を平坦化し積層膜のぬれを向上する下地膜としての機能を有することが好ましく、異方性によって磁性膜の磁区構造を単磁区化し、ノイズの発生を抑制するものである。膜構成としては、非磁性導電膜を介して積層される第一及び第二の磁性膜と第一の磁性膜に密着形成させるバイアス膜との構成を有するようにするとよい。

【0048】このように、磁気抵抗効果を示す積層膜やその複合積層体と、これの電気抵抗を測るために電氣的に接触してなる少なくとも一対の電極とを有する構造を採ることによって磁界センサとしての機能を有し、記録媒体上の信号を高感度に検出する効果を有する。

【0049】特に、基体上に積層した第一のバイアス膜、第一の磁性膜、非磁性膜、第二の磁性膜、非磁性導電膜、第三の磁性膜、第二のバイアス膜及び電極からなることが好ましい。なお、第三の磁性膜は磁氣的に第一の磁性膜と同じ機能を有することが好ましい。

【0050】バイアス膜のバイアス方向及び磁性膜の異方性方向の制御は、素子の多層膜形成時に、その形成工程に応じて適宜磁界を印加して行うことが好ましい。又は、素子の多層膜形成中或いは形成後に、磁界中熱処理を行うことが好ましい。

【0051】膜の形成において、磁場の印加に関しては、膜の積層工程に合わせて磁界の方向及び大きさを制御し、バイアスの印加方向と磁性膜の一軸異方性とを制御することが好ましい。

【0052】更に、膜の形成において、磁場中で熱処理を行う場合には、バイアス膜の異方性及び磁性膜の一軸異方性を制御することが好ましい。

【0053】MR膜に対し積層される硬磁性膜を有する場合には、素子を作製後、磁界を印加して硬磁性膜の磁

化を所定の方向に向ける方法が望ましい。

【0054】バイアス膜の材料は、高い電気抵抗を有するものであることが好ましく、具体的には、電気抵抗率が $5 \times 10^{-4}$ オームセンチメートル( $\Omega\text{cm}$ )以上であることが好ましい。このバイアス膜は、電流漏洩による素子の出力低下を防ぐと共に、用いられる材料の積層構造、特に平坦性を制御し、素子の積層を可能にするものである。実質的に絶縁体である酸化ニッケル( $\text{NiO}$ )膜をバイアス膜として用いた場合には、特に、磁界感度が10エルステッド程度に高感度であって、従来と比較して2から4倍程度の高い信頼性を有する積層構造が実現できる。

【0055】また、本発明の磁気記録再生装置は、一方の磁性膜には、記録媒体に対して実質的に垂直な方向に磁気異方性を印加する手段を有し、他方の磁性膜には、記録媒体に対して実質的に磁性膜面内で平行な方向に前記磁気異方性より大きさの小さい磁気異方性を印加する手段を有することを特徴とする。上記より大きさの小さい異方性を印加する手段としては、磁気抵抗効果膜の磁性膜の、形状異方性、一軸異方性を用いるか、適当なシャント膜、ソフト膜を上記磁気抵抗効果膜に隣接して配置すること、或いは上記磁性膜に別のバイアス膜を密着して形成する、などの方法がある。

【0056】また、本発明の磁気記録再生装置は、信号を所定のトラック幅で磁気的に記憶する記録媒体と、記録媒体から漏洩する磁界を検出し、非磁性導電膜を間に挟んだ磁性膜のサンドウィッチ構造を有し、構造に電流を印加する一対の電極を有する磁気抵抗効果素子とを具備するものであって、記録媒体に対して垂直な方向の構造の長さが記録媒体に対して平行な面内の方向の長さ、特に電極間の長さ以下であって、電極間の長さが記録媒体に形成されるトラック幅以下であることを特徴とする。これは上記形状異方性を磁気抵抗効果素子の再生に関与する部分に有効に作用せしめて磁気抵抗効果素子の出力範囲を補償し、かつ、再生時のトラッキングの誤差によって所定のトラックの端部及び外部の信号を読み取ることのないようにする効果がある。

【0057】また、本発明の磁気記録再生装置は、記録媒体に所定のトラック幅で書き込まれた磁化のパターンからの磁界を読み取る磁気抵抗効果素子を搭載したものであって、素子の記録媒体に対して垂直方向の長さ $d$ ( $\mu\text{m}$ )と、媒体上のトラックの密度 $T$ (トラック/インチ)との関係が、 $d < 12.5 \times 10^3 / T$ であることが好ましい。

【0058】また、本発明の磁気ヘッドは、信号を磁気的に記憶する記録媒体と、前記媒体から漏洩する磁界を検出する磁気抵抗効果素子とを有するものであって、前記素子が、前記媒体から漏洩する $\pm 100\text{e}$ の磁界に対して5.0~8.5%の抵抗変化率が得られる。

【0059】また、本発明の磁気記録再生装置は、信号

を磁気的に記憶する記録媒体と、前記記録媒体から漏洩する磁界を検出し、非磁性導電膜を間に挟んだ磁性膜のサンドウィッチ構造を具備する磁気抵抗効果素子とを有するものであって、前記素子が、前記記録媒体から漏洩する $\pm 80\text{e}$ の磁界に対して5.0~9.5%の抵抗変化率が得られる。

【0060】本発明の薄膜磁気ヘッドは、基板と、信号を記録するインダクティブ型記録ヘッドと、信号を再生する磁気抵抗効果型再生ヘッドとを組み合わせてなるものであって、前記再生ヘッドが、非磁性導電膜を間に挟んだ磁性膜のサンドウィッチ構造を有し、前記記録ヘッドが前記基板と前記再生ヘッドとの間に形成される。本発明は、磁気抵抗効果素子での磁性膜の形状異方性の増大による感度の低下を低減させることが可能である。これは磁性膜を薄くすることで低減できる。磁性膜の形状異方性の大きさはおよそその厚さに比例するからである。一方、本発明の磁気抵抗効果膜の合計の厚さは、やはり表面散乱による出力の低下を防ぐために100~300 $\square$ 程度とする必要があるが、非磁性膜で分離された個々の磁性膜、特に膜中央の軟磁性膜の厚さは100 $\square$ 以下、特に10から20 $\square$ 以下にしても出力の低下を全く生じないからである。この作用は磁気抵抗効果の発現機構が、その磁性膜/非磁性膜/磁性膜の界面に起因することにより生じる。

【0061】本発明の磁気記録再生装置は、従来に比して、2倍から10倍程度記録密度を向上させることができ、特に、再生部の磁気抵抗効果素子の再生性能を1.5倍から20倍程度向上させることができる。

【0062】すなわち、互いに隔てられた磁性膜間での磁化の方向の違いによって発生する磁気抵抗効果を利用すると共に、磁性膜の厚さを分離によって薄くし、素子の形状による磁気的異方性の発生及びそれによる素子の磁界に対する感度の低下を防止する。これによって初めて磁気抵抗効果素子の細小化が、再生能力の低下なしに実現できた。さらに非磁性膜がその電気抵抗率に比して十分薄くして、これを介して磁性膜間の電子の透過を可能にし、スピンの方向に依存した磁気抵抗効果を発現する。加えて、その厚さと構造を制御して磁性膜間の磁気的な結合をゼロか、記録媒体からの磁界に比べて小さくして素子の高感度の応答を可能にするのである。

【0063】第二に、非磁性膜で分離した磁性膜の磁化の方向を特定の方向に誘導した点にある。すなわち、記録媒体からの磁界が到達する方向に平行に強く誘導する。これは、より具体的には磁気抵抗効果素子が対向する記録媒体表面の法線に平行な方向である。これによって磁気抵抗効果素子の一部の磁性膜が有する磁化をその方向に固定し、それ以外の磁性膜が有する磁化を記録媒体からの磁界に感応して回転可能にし、磁気抵抗効果による出力を安定に生じさせることができたのである。

【0064】第三に、前記それ以外の磁性膜が有する磁



化を記録媒体からの磁界が到達する方向に対して垂直方向に弱く誘導した点である。ここで、弱く誘導する、とは、前記一部の磁性膜の磁化の固定の強さに比較して、前記それ以外の磁性膜の磁化の誘導の強さが弱いことを意味する。

【0065】これは、この磁性膜の磁化の回転を促進して、特に高周波数での感度の向上及びノイズの抑制の効果がある。さらに、磁界がゼロの時の出力を規定したので、正負いずれの磁界に対しても稼働を可能にする効果がある。

【0066】また、本発明の磁気記録再生装置は、信号を磁氣的に記憶する記録媒体と、媒体から漏洩する磁界を検出する磁気抵抗効果素子とを有し、素子によって感知された磁界に対する出力特性が、ステップ状に変化するのが好ましい。

【0067】ここでステップ状とは、磁気抵抗効果型再生ヘッドの外部磁界に対する応答特性において、これが三角形状でなく、一つの四角形状のステップに類似した特性、すなわち磁界によって比較的急峻に変化する部位と、その間の磁界に対してほぼ一定の応答を示す部位、とを有する特性を示すことを意味する。

【0068】また、本発明に搭載される磁気抵抗効果素子の磁性膜の厚さは、5~1000Å、特に10~100Åであることが好ましい。磁性膜が室温で十分な磁化を有し、かつ、電流を有効に磁気抵抗効果に活用するためである。

【0069】各磁性膜を隔離する非磁性導電膜の厚さは、5~1000Åであることが好ましい。この非磁性導電膜の厚さは、電子の伝導を妨げず、特に磁性膜間の反強磁性的或いは強磁性的な結合を十分に小さく保つ必要があるからであり、特定の厚さ、例えばCuであれば10Åから30Å程度であることが望ましい。

【0070】磁性膜、特に軟磁性膜の材料としては、Ni70~95原子%及びFe5~30原子%なる合金を用いることが好ましい。

【0071】更に、磁性膜の材料としては、上記Ni-Fe系合金に、適宜、Coを5原子%以下の範囲で添加することが好ましい。或いはCo30~85原子%，Ni2~30原子%，Fe2~50原子%の面心立方構造を有する合金薄膜を用いることが望ましい。これらは良好な積層構造の形成を可能とし、軟磁気特性に優れ、さらに大きな磁気抵抗効果を生じるからである。

【0072】また非磁性導電膜の材料としては、Au、Ag、Cuの少なくとも一つを用いることが好ましい。これらの膜は磁性膜との組み合わせによって磁気抵抗効果を生じ、電気伝導度に優れ、かつ良好な積層構造の形成を可能にするからである。本発明の磁気抵抗効果素子の構成の一例は、基板上に、NiO、NiFe、Cu、NiFe、Cu、NiFe、NiOを順次積層した膜に一对の電極を配してなる。または、基板上に、NiO、C

o/NiFe、Cu、Co/NiFe、Cu、Co/NiFe、NiOを順次積層した膜に一对の電極を配してなる。

【0073】或いは、本発明の磁気抵抗効果素子は、基板上に、NiO、CoNiFe、Cu、NiFe、Cu、Co/NiFe、NiOを順次積層した膜に一对の電極を配してなる。これはこれらの構成が表面散乱による出力の低下を極めて効率的に防止し、実効上出力を向上させる効果があるとともに中央の膜を薄くすることを可能にして磁性膜の形状異方性による素子の感度の劣化を、出力の低下なしに防止することができるからである。

【0074】本発明の磁気記録再生装置は、このように磁気抵抗効果素子を再生部とし、高い記録密度、すなわち記録媒体上に記録される記録波長を短くすることができる。また、記録トラックの幅が狭い記録を実現でき、十分な再生出力を得、記録を良好に保つことができる。

【0075】本発明の磁気記録再生装置に搭載される磁気抵抗効果素子は、記録媒体対向面に垂直な方向に強く磁化を誘導した第一の磁性膜と、これに垂直な方向に弱く磁化を誘導した第二の磁性膜を非磁性膜を隔てて隣接してなる。

【0076】この素子を記録媒体にごく接近して配置し、記録媒体から磁気抵抗効果素子に達する磁界を多層膜の電気抵抗の変化として感知する。すなわち、磁界に感応して第二の磁性膜の磁化が回転し、第一の磁性膜の磁化は殆んど回転しない。このため第一および第二の磁性膜の互いの磁化のなす角が磁界に対して安定に変化し、磁気抵抗効果により信号が出力される。

【0077】非磁性膜を介して隣接する磁性膜の間で電子が透過し、互いの磁性膜の磁化の向きの相対的な違いによって電子のスピンに向きに依存して散乱の確率が変わることから、大きな磁気抵抗効果が生じる。この効果は膜面内での電流の向き、全体の磁化の向きに依存しない。

【0078】磁気抵抗効果素子の多層膜は小さな領域に、5ミクロン以下の小さな領域、さらには1ミクロンの幅に形成され、記録媒体からの磁界を有効に、かつ感度良く感知でき、特に高記録密度での再生能力が向上する。

【0079】本発明の、バイアス膜による一方向異方性磁界が100から200エルステッドとすると形状による異方性磁界H<sub>k</sub>は軟磁性体の保磁力より大きく、バイアス磁界より小さい、0.4から100エルステッド未満であることが望ましい。本発明の磁気抵抗効果素子では強磁性層の厚さを特に10から50Åまで薄くしても出力の低下を生じないことから、異方性磁界は幅1ミクロンの素子においても4から20エルステッドと小さく、磁気抵抗効果素子の感度を悪化させないのである。

【0080】以上の点から、本発明の磁気記録再生装置

は従来型に比べて10倍程度の記録密度の向上を可能とするものである。より具体的には、記録波長 $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 、トラック幅 $0.2 \sim 4 \mu\text{m}$ 、すなわち、面記録密度において、 $1 \sim 30 \text{Gb/in}^2$ の記録密度を有する磁気記録再生装置として適している。

#### 【0081】

##### 【発明の実施の形態】

(実施例1) 図1は本実施例の磁気抵抗効果型ヘッドの構造である。まずSAL1、分離膜2およびMR膜3を順次成膜した。MR膜3として80at%NiFeを用いた。その後、中央能動領域上にステンシル状のホトレジストを形成した。続いてこのレジスト材によってマスクされていない領域の上記SAL1、上記分離膜2および上記MR膜3をイオンミリングにより除去した。このとき基板をイオンビームに対し適切な角度を維持したまま回転させることにより末広りのテーパー5を形成した。次に端部受動領域を形成する永久磁石膜7および電極膜8を付着した。永久磁石膜として $\text{Co}_{0.82}\text{Cr}_{0.09}\text{Pt}_{0.09}$ 膜又は $\text{Co}_{0.80}\text{Cr}_{0.08}\text{Pt}_{0.09}(\text{ZrO}_2)_{0.03}$ 膜を用いた。今回の永久磁石膜はRFスパッタ法により形成し、ターゲット上に $\text{ZrO}_2$ チップを配置することによりCoCrPt膜中の $\text{ZrO}_2$ 濃度を調節した。永久磁石膜7の膜厚は中央能動領域に与えるバイアス磁界が $\text{Co}_{0.82}\text{Cr}_{0.09}\text{Pt}_{0.09}$ 膜と $\text{Co}_{0.80}\text{Cr}_{0.08}\text{Pt}_{0.09}(\text{ZrO}_2)_{0.03}$ 膜で同じになるようそれぞれ50nm、52nmに選んだ。それぞれの永久磁石膜の保磁力は600Oe及び1200Oeであった。ステンシル上に付着した永久磁石膜および電極膜は、リフトオフによりステンシルと共に除去した。SAL1はMR膜3に横バイアス磁界4を印加するものであり、永久磁石膜7はMR膜3に縦バイアス磁界6を印加するものである。永久磁石膜7はMR膜3を所定の形状に作成した後SAL1、分離膜2及びMR膜3の合計の厚さより薄く積層され、MR膜3の部分に残らないように除去され、MR膜3との端部で残るようにテーパーが形成される。更に、その後電極膜8が形成され、MR膜3との接触部でテーパーが形成される。9は $0.4 \mu\text{m}$ の厚さのアルミナの下部ギャップ膜、10は約 $2 \mu\text{m}$ のNiFe合金からなる下部シールド膜、11は基板12の表面にアルミナの絶縁膜を $10 \mu\text{m}$ の厚さで形成し研磨して基板12の表面を平滑にするためのものである。基板12はTiC含有アルミナ焼結体を用いられる。分離膜2は $200 \square$ のTa膜が用いられる。MR膜3は厚さ $400 \square$ の80at%Ni-Fe合金が用いられる。

【0082】これらのヘッドの電気磁気変換特性を測定した結果、出力変動20%、波形変動10%であった $\text{Co}_{0.82}\text{Cr}_{0.09}\text{Pt}_{0.09}$ 膜を用いたヘッドに対し、 $\text{Co}_{0.80}\text{Cr}_{0.08}\text{Pt}_{0.09}(\text{ZrO}_2)_{0.03}$ 膜を用いたヘッドでは出力変動5%以内、波形変動5%以内に低減することができた。よって、 $\text{Co}_{0.80}\text{Cr}_{0.08}\text{Pt}_{0.09}(\text{ZrO}_2)_{0.03}$ 膜を永久磁石膜に用いることによりBHN及び波形変動抑

制効果が高くなることを確認した。

【0083】中央能動領域はMR膜、横バイアスを印加するソフトバイアス膜であるSAL1と前記2磁性膜を分離する分離膜2を有する。端部受動領域は中央能動領域に縦バイアスを印加する永久磁石膜7より構成される。端部接合領域は中央能動領域に二つのテーパーを有している。

【0084】この永久磁石膜7は、永久磁石膜からの漏洩磁界と、永久磁石膜と中央能動領域との接合領域での結合磁界により中央能動領域に縦バイアスを与える。永久磁石膜はBHN抑制のために磁気媒体からの磁界に対して安定に中央能動領域に磁界を印加する必要がある。このためには永久磁石膜の保磁力として1000Oe以上が必要である。永久磁石膜はCoPt、CoCrPt等の永久磁石膜が用いられる。Co系磁性膜はCr等の下地膜を用いることにより高保磁力が得られる。

【0085】図2は本実施例の構造を持つ磁気ヘッドの製造方法を示す工程図である。まずSAL1、分離膜2およびMR膜3を順次成膜する(図2a)。その後、図2bの様なステンシル状のホトレジスト44を形成する。続いてこのレジスト材によってマスクされていない領域の上記SAL1、上記分離膜2および上記MR膜3をイオンミリングにより除去する(図2c)。上記SAL1、上記分離膜2および上記MR膜3のマスクされている領域は中央能動領域45を形成する。このとき上記3層膜が付着している基板をイオンビームに対し適切な角度を維持したまま回転させる。基板の回転は基板中心を回転の中心とし、角速度ベクトルが基板面に対し垂直になるようにする。この様にイオンミリングすることにより図2cの様なテーパー46が形成される。次に端部受動領域47を形成する。永久磁石膜48及び電極膜49を付着する(図2d)。当然これらの膜は上記ステンシルおよび上記テーパー上にも付着する。ステンシル上に付着した永久磁石膜および電極膜は、リフトオフによりステンシルと共に除去される(図2e)。以上の工程により接合部でのみ中央能動領域と端部受動領域が接するMRヘッドを形成することができる。

【0086】磁気抵抗効果膜にバイアス磁界を印加するための軟磁性膜からなるSAL1として、80原子%ニッケル及び残部鉄からなる磁性合金に酸化ジルコニウムを10%添加した軟磁性膜を、スパッタリング法によって $400 \square$ 形成する。スパッタリングはニッケル-鉄合金ターゲット上に酸化ジルコニウムチップを配置したターゲットを用いて行った。スパッタリングの際のArガス圧は2mTorrとした。また、基板温度は室温とした。さらにその上部に上部ギャップ膜としてアルミナ膜を $0.3 \mu\text{m}$ 、さらにその上部に上部磁気シールドを形成する。さらにその上部に絶縁膜を形成後、記録用の誘導型磁気ヘッドを作製するが詳細は省略する。この後、基板を切断、スライダに加工して磁気抵抗効果型磁気ヘッ

ドの作製を完了する。次に本実施例の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの特性について述べる。磁気抵抗効果型磁気ヘッドの評価は再生出力で行った。本実施例の磁気ヘッド及び、比較のために同様の構造でバイアス膜に5%ニオブを添加したニッケル-鉄合金を用いたヘッドについて行った。本実施例の酸化ジルコニウムを添加したバイアス膜は飽和磁束密度が0.7 Tで、比抵抗が約 $120 \mu\Omega\text{cm}$ であるのに対し、比較のための5%ニオブを添加したニッケル-鉄膜では飽和磁束密度0.6 T、比抵抗が $70 \mu\Omega\text{cm}$ であった。ニオブを5%添加したニッケル-鉄膜をバイアス膜に用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッドの再生出力は、10 MHzの周波数で約 $400 \mu\text{V}$ であったのに対し、本発明の磁気ヘッドは10%大きな約 $440 \mu\text{V}$ であった。これは、ニオブを添加したニッケル-鉄合金膜をバイアス膜としたヘッドでは、バイアス膜の比抵抗が小さいため、検出電流が磁気抵抗効果膜とバイアス膜の両方に流れ、読み出される抵抗の変化が小さくなるためである。ニオブを添加したニッケル-鉄膜では添加するニオブの量を増やすことによって、電気抵抗を上昇させることが可能であるが、ニオブの添加量を増加させると飽和磁束密度が著しく低下するので、5%が限界である。このように、酸化ジルコニウムを添加したニッケル-鉄膜をバイアス膜とした本実施例の磁気抵抗効果型磁気ヘッドでは、バイアス膜の電気抵抗が大きいので、高い再生出力が得られる。

【0087】次に本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの

バイアス膜の電気抵抗について述べる。図3は80原子%ニッケル、残部鉄よりなる磁性合金膜に、酸化ジルコニウムを添加した場合の膜の比抵抗及び飽和磁束密度を示したものである。膜厚は $400 \text{\AA}$ である。酸化アルミニウムを添加すると膜の電気抵抗は増加し、約10%で $100 \mu\Omega\text{cm}$ になる。一方、飽和磁束密度は酸化アルミニウムの添加によって単調に減少し、10%では約0.75 Tである。これは化合物として酸化アルミニウムを添加した場合の例であるが、他の化合物でも同様の傾向を示し、化合物の添加により、高い比抵抗の膜を作製することが可能である。このような高い比抵抗の膜は、従来の金属元素の添加では得ることが困難であり、化合物の添加が有効であることがわかる。

【0088】次に種々の化合物を含むバイアス膜の特性について述べる。表1はニッケルが80%で残部鉄よりなる金属磁性薄膜に酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化チタン、酸化ベリリウム、酸化マグネシウム、希土類窒素化合物として酸化セリウム、窒化ジルコニウム、窒化ハフニウム、窒化アルミニウム、窒化チタン、窒化ベリリウム、窒化マグネシウム、窒化シリコン、及び希土類窒素化合物として窒化セリウムを約5%添加した場合の保磁力、異方性磁界、飽和磁束密度の値を示したものである。

【0089】

【表1】

表 1

| 添 加 物    | $H_{CE}$ (Oe) | $H_{CH}$ (Oe) | $H_k$ (Oe) | $B_s$ (T) |
|----------|---------------|---------------|------------|-----------|
| 酸化ジルコニウム | 1.1           | 0.25          | 6.0        | 0.95      |
| 酸化アルミニウム | 1.2           | 0.30          | 6.5        | 0.90      |
| 酸化ハフニウム  | 1.2           | 0.30          | 6.0        | 0.90      |
| 酸化チタン    | 1.2           | 0.25          | 7.0        | 0.90      |
| 酸化ベリリウム  | 1.2           | 0.25          | 6.5        | 0.95      |
| 酸化マグネシウム | 1.1           | 0.35          | 6.0        | 0.95      |
| 酸化セリウム   | 1.3           | 0.40          | 7.5        | 0.90      |
| 窒化ジルコニウム | 1.5           | 0.40          | 6.5        | 0.90      |
| 窒化ハフニウム  | 1.5           | 0.40          | 6.5        | 0.90      |
| 窒化アルミニウム | 1.5           | 0.35          | 7.0        | 0.90      |
| 窒化チタン    | 1.5           | 0.40          | 6.5        | 0.90      |
| 窒化ベリリウム  | 1.6           | 0.40          | 6.5        | 0.90      |
| 窒化マグネシウム | 1.6           | 0.45          | 7.0        | 0.90      |
| 窒化シリコン   | 1.7           | 0.45          | 7.0        | 0.90      |
| 窒化セリウム   | 1.7           | 0.40          | 7.0        | 0.90      |
| 酸化シリコン   | 2.0           | 0.60          | 15.0       | 0.85      |
| ジルコニウム   | 1.2           | 0.30          | 4.0        | 0.50      |

 $H_{CE}$  : 磁化容易方向保磁力 $H_{CH}$  : 磁化困難方向保磁力 $H_k$  : 異方性磁界 $B_s$  : 飽和磁束密度

【0090】比較のために酸化シリコンを添加した場合と、金属ジルコニウムを添加した場合の磁気特性についても示す。膜の作製はスパッタリング法で行った。ターゲットはニッケル-鉄合金上に各化合物のチップを配置したターゲットとした。スパッタリングの際のArガス圧は2 mTorrとし、膜厚は400Åとした。膜の比抵抗はいずれの膜もおおよそ70  $\mu\Omega\text{cm}$ であった。また、保磁力、異方性磁界、飽和磁束密度のいずれも化合物の種類には殆ど依存せず同様な値を示したが、酸化シリコンを添加した膜は異方性磁界が150 eと大きくなっている。これは、酸化シリコンの結合エネルギーが小さく、膜作製中に分解が進み、発生した酸素が鉄あるいはニッケルと化合し内部に酸化物を形成したためと考えられる。ここで添加した窒素化合物は酸素化合物に比べれば結合エネルギーが小さいが、磁性元素である鉄、コバルト、ニッケルの窒素と結合が非常に弱いため、磁性元素が化合物を作らず、磁気特性の劣化がなかったと考えられる。このことは、添加化合物の結合エネルギーが、磁性元素が作る同種の化合物の結合エネルギーに比べ十分大きければ磁気特性が改善されることを示している。以上のことか

ら類推すれば、他の化合物、例えば炭化物、塩化物、フッ化物等の化合物でも磁気特性の改善が期待されるが、炭化物は著しく真空装置を汚染すること、また塩化物及びフッ化物はその多くが水溶性であり、膜の耐食性の点で問題があると予想されるため実験を行わなかった。また、比較のためにジルコニウムを添加した膜は保磁力及び異方性磁界は小さくなるが、飽和磁束密度の大きさが約0.5 Tと大きく減少した。このことはジルコニウムを金属のまま添加すると、磁性元素の電子状態を大きく変化させることを示しており、化合物として添加することが有効であることがわかる。

【0091】次に種々の合金に酸化ジルコニウムを添加したバイアス膜の磁気特性について述べる。表2は金属磁性体である鉄、鉄-コバルト合金、及びニッケル-コバルト合金に酸化ジルコニウムを5%添加した場合の保磁力、異方性磁界、飽和磁束密度の値を示したものである。

【0092】

【表2】

表 2

| 磁 性 合 金            | $H_{CE}$ (Oe) | $H_{CH}$ (Oe) | $H_k$ (Oe) | $B_s$ (T) |
|--------------------|---------------|---------------|------------|-----------|
| 鉄                  | 4.0           | 2.5           | 7.0        | 2.1       |
| 鉄-コバルト             | 4.0           | 2.0           | 8.0        | 2.3       |
| ニッケル-コバルト          | 2.0           | 0.7           | 15.0       | 0.85      |
| 鉄 (無添加)            | 8.0           | 7.0           |            | 2.1       |
| 鉄-コバルト<br>(無添加)    | 6.0           | 5.5           |            | 2.4       |
| ニッケル-コバルト<br>(無添加) | 4.0           | 1.5           | 13.0       | 0.90      |

 $H_{CE}$  : 磁化容易方向保磁力 $H_{CH}$  : 磁化困難方向保磁力 $H_k$  : 異方性磁界 $B_s$  : 飽和磁束密度

【0093】鉄-コバルト合金については、鉄を50原子%、残部コバルトとした。また、ニッケル-コバルト合金についてはニッケル70原子%、残部コバルトとした。これらの膜は金属ターゲット上に酸化ジルコニウムのチップを配置したターゲットを用いて、スパッタリング法によって作製した。スパッタリング時のArガス圧は2mTorrとした。また、磁気異方性を付与するため、スパッタリング中に約400eの磁界を印加した。膜厚は0.1 $\mu$ mとした。表2には比較のため、酸化ジルコニウムを添加しない場合の磁気特性についても示している。表中で異方性磁界の項が空欄の場合があるが、これはM-Hループ上で明瞭な磁気異方性が観察されず、異方性磁界が測定できなかった場合である。金属磁性体が鉄の場合、酸化ジルコニウムを添加しない膜では、保磁力が80eと大きく、また明瞭な磁気異方性は見られない。これに対し、酸化ジルコニウムを添加した膜は保磁力が約30eに減少し、また磁気異方性が観察され、異方性磁界は70eであった。鉄-コバルト合金、ニッケル-コバルト合金の場合にも酸化ジルコニウムを添加していない場合に比べ、酸化ジルコニウムを添加した場合には保磁力の減少が見られ、軟磁気特性が向上することが明らかである。

【0094】(実施例2)次に実施例1における永久磁石膜の材料の検討を行った。永久磁石膜はRFスパッタ法により形成し、ターゲット上にZrO<sub>2</sub>またはTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>チップを配置することによりCoCrPt膜中の酸化物濃度を調節した。図4に膜厚40nmでの(Co<sub>0.82</sub>Cr<sub>0.09</sub>Pt<sub>0.09</sub>)<sub>1-x</sub>Z<sub>x</sub>膜(Z=ZrO<sub>2</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)の磁気特性を示す。ZrO<sub>2</sub>添加膜では酸化物濃度3mol%で保磁力が1200e以上となることが分かった。Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>においても保磁力1200e以上が得られた。ZrO<sub>2</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>添加膜において酸化物濃度が大きいことに保磁力が低下しているのは、永久磁石膜面内での組成のばらつきと

結晶性が乱れてアモルファスになるためである。これらの系では保磁力が1000e以上となるのは酸化物濃度0.5mol%~4mol%であった。また異なった組成のCoCrPt膜を用いた検討では好ましい酸化物濃度は0.5mol%~10mol%であった。また保磁力を増大させる酸化物としてTi酸化物、V酸化物、Nb酸化物、Mo酸化物、Hf酸化物、W酸化物、Al酸化物、Si酸化物、Cr酸化物が考えられる。

【0095】(実施例3)図5は本実施例の磁気抵抗効果ヘッドの斜視図である。

【0096】本実施例は実施例1と同じ構造で、磁気抵抗効果型ヘッドの膜の積層構造が異なるものである。アルミナからなる下部ギャップ膜9の上に順次厚さ50nmのNiOからなる反強磁性膜13、MR膜3として厚さ1nmの80at%Ni-Fe合金膜14と厚さ1nmのCo膜15、厚さ2nmのCuから非磁性金属膜16及び厚さ5nmのNiFe合金の軟磁性膜からなる横バイアス印加用のSAL1が形成されたものである。

【0097】本実施例におけるMR膜3は二枚の磁性膜(NiFe)で薄い非磁性膜(Cu)を挟み、片方の磁性膜に接した反強磁性膜(NiO)からなる構造である。この構造により、製造工程の不安定さと、電流の分流による感度低下を防止したものである。また、反強磁性膜としては、従来材料のFeMnに比べ、製造工程での腐食がない酸化物NiOを用い、これにより量産工程での高信頼化を図った。また、ヘッドの出力は、ヘッドに流す電流とスピンバルブ膜の抵抗変化量の積によって決まり、反強磁性膜自身は抵抗変化には寄与しない。従って、反強磁性膜として絶縁物質であるNiOを用いることで、入力した電流を効率良く抵抗変化に寄与させ、高い磁界感度を得ることができるようになった。以上のように、本実施例においては約5Gb/in<sup>2</sup>の記録密度を実現できる。

【0098】さらに、本実施例におけるSAL1に実施例1と同様にNiFe合金に酸化物を分散させた膜を形成させることにより高い再生出力が得られる。

【0099】(実施例4)図6は本実施例における磁気抵抗効果型ヘッドの断面図である。軟磁性層からなるSAL1及びMR膜3を非磁性金属膜16を挟んで感磁部を構成する。磁性層からなるSAL1, MR膜3としては、共に厚さ5nmのパーマロイ(Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>)を、非磁性金属膜16としては、厚さ2nmのCuを用いる。反強磁性層13として、膜厚50nmのNiOを用いた。硬磁性層である永久磁石膜7および電極膜8を磁性膜に接するようにして設け、両者を同時にパターンニングする。硬磁性層としては、膜厚10nmのCoCrPt、電極としては、Cu, Ag, Au等を用いる。

【0100】このようにして作製した、トラック幅4μm、磁気抵抗効果膜の深さ方向の幅2μmの、シールドのない磁気抵抗効果素子は磁界ゼロの原点付近では、印加磁界に対して、抵抗変化は、近似的に線形になっているので、この部分を使用して、媒体磁界を抵抗変化として検出できる。

【0101】この素子を、上下のシールド膜で挟み、磁気抵抗効果型再生ヘッドを作製した。このとき下部シールドは、非晶質Co-Ta-Zr(2μm)を用い、上部シールドは、パーマロイ(2μm)を用いた。シールド間のギャップ絶縁膜としては、スパッタ法により形成したアルミナ膜を用いた。このようにして作製した磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、バルクハウゼンノイズは認められず、良好な出力特性を示した。

【0102】このようにして作製した巨大磁気抵抗効果型ヘッドは、0.8μm幅の記録トラックを、トラック幅方向に位置をずらせながら再生することによって再生感度分布の測定を行った。再生ヘッドの形状は、トラック幅4μm、上下シールド間隔0.5μm、磁気抵抗効果膜の深さ方向の幅は2μmのものを用いた。本発明ヘッドの感度分布は、従来型の巨大磁気抵抗効果ヘッドと比べて、より裾が短くなっている。このように本発明の磁気抵抗効果型ヘッドは、感度分布の裾の広がり少く、高いトラック密度にて記録を行った場合に、隣のトラックからの再生クロストークを低減でき、有利であることを確認した。

【0103】(実施例5)図7は本実施例の磁気抵抗効果型ヘッドの斜視図である。

【0104】図8は本実施例の磁気抵抗効果素子の異方性制御の例を示す概念図である。反強磁性材からなるバイアス膜31及び32は、図中矢印71及び72の方向に交換結合による異方性を印加する。図中矢印60は感知すべき磁界の方向、矢印61は磁性膜21に誘導した一方向異方性の方向を示す。非磁性導電膜20に挟まれた磁性膜22の容易磁化方向は図中矢印62の方向に一軸異方性の誘導によって印加する。これは磁性膜の成長

中に所定の方向に磁界を印加することで達成される。本図の実施例は異方性の印加をバイアス膜と誘導磁気異方性で実現した例である。この結果矢印61と62は共に膜面内で、互いに直交する。感知すべき磁界の大きさに比較して、磁性膜21の異方性を大きく磁性膜22の異方性を小さくすることで、磁性膜21の磁化を外部磁界に対してほぼ固定し、磁性膜22の磁化のみが外部磁界に対して大きく反応するようになる。さらに矢印60の方向にかかる感知すべき磁界に対して、磁性膜21の磁化は異方性61によって磁化と外部磁界が平行な容易軸励磁の状態に、逆に磁性膜22の異方性に依って磁化と外部磁界が垂直な困難軸励磁の状態になっている。この効果によって上記の応答をさらに顕著なものにできるとともに、外部磁界に対して磁性膜22の磁化が、矢印62の方向を起点に、回転による困難軸励磁で素子が駆動される状態が実現し、磁壁移動による励磁に伴うノイズを防止し、高周波での動作を可能にすることができる。

【0105】本発明の磁気抵抗効果素子を構成する膜は高周波マグネトロンスパッタリング装置により以下のよう10に作製した。アルゴン3ミリトールの雰囲気中にて、厚さ1ミリ、直径3インチのセラミックス基板およびSi単結晶基板上に以下の材料を順に積層して作製した。スパッタリングターゲットとして酸化ニッケル、コバルト、ニッケル-20at%鉄合金、銅のターゲットを用いた。ニッケル-鉄中へのコバルトの添加にはニッケル-20at%鉄合金ターゲット上にコバルトのチップを配置した。またコバルト中へのニッケル、鉄の添加にはコバルトターゲット上にニッケルおよび鉄のチップを配置した。積層膜は、各ターゲットを配置したカソードに20各々高周波電力を印加して装置内にプラズマを発生させておき、各カソードごとに配置されたシャッターを一つずつ開閉して順次各層を形成した。膜形成時には基板面内で直交する二対の電磁石を用いて基板に平行におよそ50エルステッドの磁界を印加して、一軸異方性を持たせると共に、酸化ニッケル膜の交換結合バイアスの方向をそれぞれの方向に誘導した。

【0106】異方性の誘導は、基板近傍に取り付けた二対の電磁石によって、各磁性膜の形成時に誘導すべき方向に磁界を加えて行った。或いは、多層膜形成後に反強磁性膜のネール温度近傍で磁界中熱処理を行い、反強磁性バイアスの方向を磁界の方向に誘導した。

【0107】磁気抵抗効果素子の性能の評価は膜を短冊形状にパターンニングし、電極を形成して行った。この時、磁性膜の一軸異方性の方向と素子の電流方向が平行となるようにした。電気抵抗は電極端子間に一定の電流を通じ、素子の面内に電流方向に垂直な方向に磁界を印加して、素子の電気抵抗を電極端子間の電圧として測定し、磁気抵抗変化率として感知した。

【0108】図9は表3に試料No. 1で表した、上下にNiO膜を有する構成の素子の、磁界に対する抵抗変化

率を表した図である。これは図 8 においてバイアス膜 31, 32 に NiO 膜を、磁性膜 21, 22 に Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>合金薄膜を、非磁性導電膜に Cu 膜を用いたことに対応している。ただし磁界制御を行う前においては一軸異方性は図 6 の矢印 62 の方向に印加されていない。図 9 の四角形状の曲線は本発明の磁気抵抗効果素子の特徴を良く表わしている。即ち、磁界の方向に強く誘導された磁性膜の効果は曲線の左半分のループとして検出される。他の、強く誘導されていない磁性膜の効果は中央付近の急峻な抵抗変化として現れている。本発明の磁気抵抗効果素子の再生出力はこの抵抗変化率の大きさに、また感度は飽和磁界の小ささに、それぞれ対応することから、本発明の素子出力が大きく、感度が高いことが分かる。磁性膜間に反強磁性的結合がある場合には図 9 の曲線は三角形状になり、素子の磁界感度が低下する。

【0109】また、非磁性導電膜として Cu に、Ag, Au を添加したとき及び Ag, Au にて多層膜を形成した試料においても同様の効果が得られた。

【0110】図 10 は Cu 膜の厚さを変えた NiO/NiFe/Cu/NiFe 膜において磁化曲線を測定し、NiFe 膜間の磁氣的結合の強さを求めた結果である。磁氣的結合の強さは Cu の厚さと共におよそ 10□ 周期

で反強磁性／強磁性間で振動している。磁界に対する感度の高い磁気抵抗効果素子を得るにはこの磁氣的結合をおよそゼロにすることが必須である。非磁性導電膜として Cu を用いた場合には、図 10 から明らかなように、その厚さを 11□～22□ の範囲にすることで磁性膜間の磁氣的結合をゼロにすることができる。これによって初めて数エルステッドの弱い外部磁界に応答して電気抵抗が大きく変化する、すなわち感度の高い磁気抵抗効果素子を得ることができるのである。

【0111】図 11 は NiFe 磁性膜に Co を添加したときの添加量と抵抗変化率の変化を表した図である。素子多層膜の構成は、表 3、試料 No. 5 と同等である。Co の添加につれて、抵抗変化率は NiFe のみのおよそ 4% から 5.5% まで向上した。これは NiFe に加えて Co を添加することが積層膜の磁気抵抗効果を改善することを示している。

【0112】膜の構成を変えて作製した磁気抵抗効果素子の特性例を表 3 に示す。膜構成は紙面左側が基体側で順次右側に積層したものである。

【0113】

【表 3】

表 3

| 試料    | 膜の構成／厚さ(Å)   | 抵抗変化率(%) | 飽和磁界(Oe) | 評価 |
|-------|--|----------|----------|----|
| No. 1 | NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO<br>300/ 60 /21/ 40 /21/ 60 /300                 | 6.5      | 12       | ◎  |
| 2     | NiO/Co/Cu/NiFe/Cu/Co/NiO<br>300/50/21/ 40 /21/50/300                         | 7.5      | 13       | ◎  |
| 3     | NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO<br>300/ 60 /21/ 40 /21/ 40 /21/ 60 /300 | 5.5      | 11       | ◎  |
| 4     | NiO/Co/Cu/Co/NiFe/Co/Cu/Co/NiO<br>300/60/21/15/ 40 /15/21/80/300             | 7.5      | 16       | ◎  |
| 5     | NiO/NiFe/Cu/NiFe<br>300/ 60 /21/ 40  | 4.5      | 15       | ○  |
| 6     | NiO/NiFe/Co/Cu/Co/NiFe<br>300/ 60 /15/21/15/ 40                              | 5.5      | 14       | ◎  |
| 7     | NiO/NiFe/Co/Cu/NiFe/Cu/Co/NiFe/NiO<br>300/ 60 /15/21/ 40 /21/15/ 60 /300     | 7.9      | 14       | ◎  |

【0114】表 3 では素子の特性を抵抗変化率と飽和磁界で表した。素子としての再生出力はこの抵抗変化率の大きさに、感度は飽和磁界の小ささに、それぞれ対応す

る。表 3 の結果から明らかなように本発明の磁気抵抗素子 (No. 1～5) は 4% 以上の抵抗変化率と良好な磁気特性を有するものであり、従来の積層膜 (No. 6, 7)

27

に比べ、抵抗変化率において優れている。特に、試料N o. 1, 2, 4は飽和磁界10エルステッド程度 of 良好な磁界感度と抵抗変化率6から7%の高い出力を示している。

【0115】図12は磁性膜としてCoを用いたNiO/Co/Cu/Co膜の磁気抵抗曲線である。ゼロ磁界近傍で、Co膜の保磁力に起因するヒステリシスが見られるが、抵抗変化率は同じ構成でNiFeを用いた場合の2倍近い7%を示した。

【0116】図13はNiO/Co<sub>51</sub>Ni<sub>27</sub>Fe<sub>22</sub>/Cu/NiFe/Cu/Co<sub>51</sub>Ni<sub>27</sub>Fe<sub>22</sub>/NiO膜の磁気抵抗曲線で、8%以上の出力とゼロ磁界近傍での高い磁界感度を合わせ持っている。このように、基体上に下地としてNiO反強磁性膜を有したNiFe或いはCoNiFe/Cu積層膜は磁気抵抗効果膜として極めて高い感度を有している。

【0117】(実施例6)図14は本発明の磁気記録再生装置の構成図である。記録媒体95を両面に有する記録媒体91をスピンドルモーター93にて回転させ、アクチュエーター92によってヘッドスライダー90を記録媒体95のトラック上に誘導する。ただし記録媒体91は必ずしもディスク両面に磁性膜を有する必要はない。磁性膜がディスク片面のみの場合ヘッドスライダー90は記録媒体の片面にのみ配置する。

【0118】即ち磁気ディスク装置においてはヘッドスライダー90上に形成した再生ヘッド、及び記録ヘッドがこの機構によって記録媒体95上の所定の記録位置に近接して相対運動し、信号を順次書き込み、及び読み取るのである。記録信号は信号処理系94を通じて記録ヘッドにて媒体上に記録し、再生ヘッドの出力を信号処理系94を経て信号として得る。さらに再生ヘッドを所望の記録トラック上へ移動せしめるに際して、本再生ヘッドからの高感度な出力を用いてトラック上の位置を検出し、アクチュエーターを制御して、ヘッドスライダーの位置決めを行うことができる。

【0119】図15は上記素子に加えて記録用ヘッドを形成した、記録再生分離型ヘッドの概念図である。記録再生分離型ヘッドは、本発明の素子を用いた再生ヘッドと、インダクティブ型の記録ヘッド、及び、漏れ磁界による再生ヘッドの混乱を防止するためのシールド部からなる。ここでは水平磁気記録用の記録ヘッドとの搭載を示したが、本発明の磁気抵抗効果素子を垂直磁気記録用のヘッドと組み合わせ、垂直記録に用いても良い。ヘッドは、基体50上に下部シールド膜82、磁気抵抗効果素子60及び電極40、上部シールド膜81からなる再生ヘッドと、下部磁性膜84、コイル41、上部磁性膜84からなる記録ヘッドとを形成してなる。このヘッドによって、記録媒体上に信号を書き込み、また記録媒体から信号を読み取るのである。再生ヘッドの感知部分と、記録ヘッドの磁気ギャップはこのように同一スライ

28

ダー上に重ねた位置に形成することで、同一トラックに同時に位置決めができる。このヘッドをスライダーに加し、磁気記録再生装置に搭載した。

【0120】ヘッドスライダー90を兼ねる基体50上に磁気抵抗効果素子60および電極40を形成し、これを記録媒体91上に位置決めして再生を行う。記録媒体91は回転し、ヘッドスライダー90は記録媒体91の上を、0.2μm以下の高さ、或いは接触状態で対向して相対運動する。この機構により、磁気抵抗効果素子60は記録媒体91に記録された磁気的信号を、その漏れ磁界から読み取ることで位置に設定されるのである。磁気抵抗効果素子60は複数の磁性膜と非磁性導電膜を交互に積層した膜とバイアス膜、特に反強磁性膜、からなる。本発明の特徴はこの積層膜の一部の磁性膜、望ましくは積層した磁性膜のうち一層おきの膜に、記録媒体に対向する面63に対して垂直な矢印61の方向に強い異方性を誘導し、その磁化を、この方向におおよそ固定することにある。また磁性膜の他の膜は、磁気抵抗効果膜の膜面内で矢印61と垂直な方向、つまり矢印62の方向に比較的弱く異方性を印加して、その磁化をこの方向に誘導する。このような構成により、記録媒体上に磁気的に記録された信号は、媒体上に漏れ磁界64として磁気抵抗効果素子60に達し、その成分、特に磁気抵抗効果膜の膜面内の成分に従って矢印62の方向から矢印65のように磁化が回転し、非磁性導電膜を介して隣合った二つの磁性膜の互いの磁化の方向のなす角度が変化して磁気抵抗効果が生じ、再生出力を得る。磁気抵抗効果素子の信号を感知する部分は、磁気抵抗効果素子60の電流の流れる部分、即ち電極40で挟まれる部分であるが、この部分の記録媒体91表面に平行な方向の幅42は記録トラックの幅44より狭く、特にその比が0.8以下になして互いの位置のずれによる隣接するトラックの混信を防止する。

【0121】(実施例7)図16は本発明の磁気記録再生装置において、薄膜磁気ヘッドの構成の別の実施例である。基体50上に下部及び上部磁性膜83、84とこれらに起磁力を印加するコイル41からなる記録ヘッドと、下部シールド膜82を形成し、その後磁気抵抗効果素子60及び電極40、上部シールド膜81の間に形成する。すなわち比較的構造に敏感な磁気抵抗効果膜を、記録ヘッドの上に、後に形成して記録ヘッド作製に伴う応力や熱影響をなくし、さらに記録ヘッドとの位置合わせを容易にして、磁気記録再生装置のトラック幅方向の制度を向上し、生産性を向上するものである。

【0122】

【発明の効果】本発明によれば、永久磁石膜を磁気抵抗効果素子の両端部に形成することにより電気磁気変換特性が安定し、バルクハウゼンノイズ及び波動変動が小さくできるものである。また、本発明によれば再生出力が大きく、高記録密度の磁気記録再生装置が達成できる。



## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの部分断面図。

【図2】本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造工程を示す工程図。

【図3】ニッケル-鉄合金の $ZrO_2$ 添加量と飽和磁束密度及び比抵抗との関係を示す線図。

【図4】永久磁石膜の保磁力と酸化物との関係を示す線図。

【図5】本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの部分断面図。

【図6】本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの部分断面図。

【図7】本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの部分断面図。

【図8】磁気抵抗効果素子多層膜の磁気異方性制御を説明する図。

【図9】 $NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO$ 膜における磁界と抵抗変化率との関係を示す線図。

【図10】 $NiO/NiFe/Cu/NiFe$ 膜のCu層の厚さと磁性膜間の結合の強さを示す線図。

【図11】 $NiFe$ 膜にCoを添加したときの抵抗変化率を示す線図。

【図12】 $NiO/Co/Cu/Co$ 膜における磁界と抵抗率との関係を示す線図。

【図13】 $NiO/Co/NiFe/Cu/NiFe/Cu/Co/NiFe/NiO$ 膜における磁界と抵抗率の関係を示す線図。

【図14】本発明に係る磁気記録再生装置の構成図。

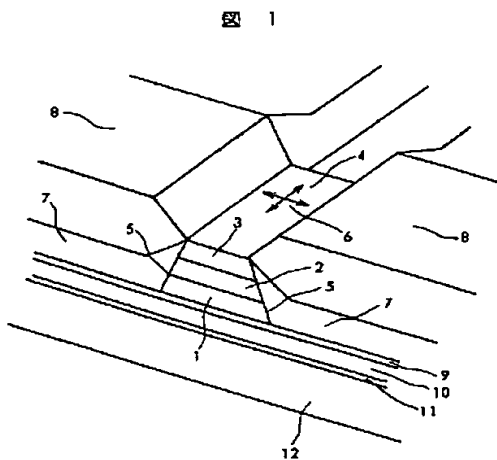
【図15】本発明に係る再生用磁気抵抗効果型磁気ヘッドと記録用誘導型磁気ヘッドとを有する薄膜磁気ヘッドの斜視図。

【図16】本発明に係る再生用磁気抵抗効果型磁気ヘッドと記録用誘導型磁気ヘッドとを有する薄膜磁気ヘッドの斜視図。

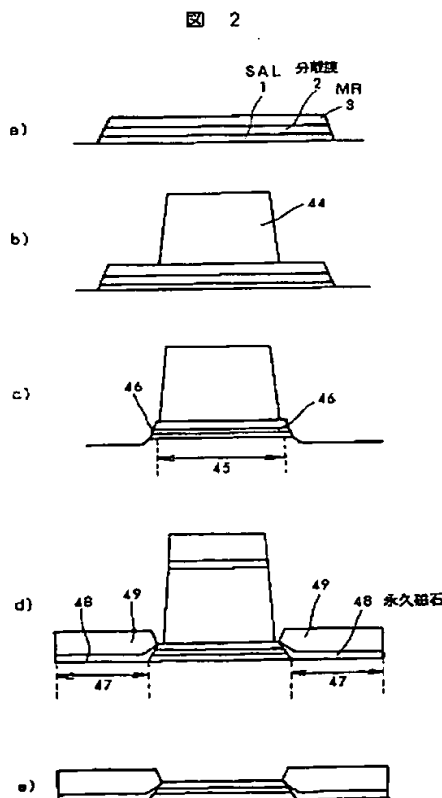
## 【符号の説明】

1…SAL、2…分離膜、3…MR膜、4…横バイアス磁界、5…テーパ、6…縦バイアス磁界、7…永久磁石膜、8…電極膜、9…下部ギャップ膜、10…下部シールド膜、11…絶縁膜、12…基板、13…反強磁性層、16…非磁性金属膜、60…磁気抵抗効果素子、81…上部シールド膜、82…下部シールド膜、83…上部磁性膜、84…下部磁性膜、85…コイル導体、90…ヘッドスライダ、91…記録媒体、92…アクチュエーター、93…スピンドルモーター、94…信号処理回路系。

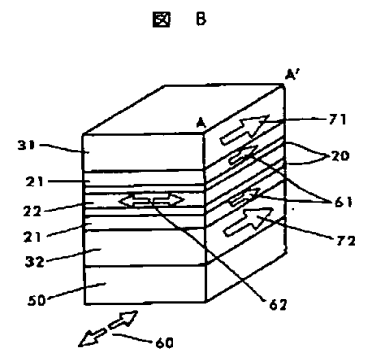
【図1】



【図2】

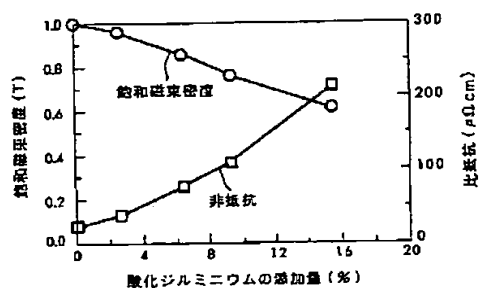


【図8】



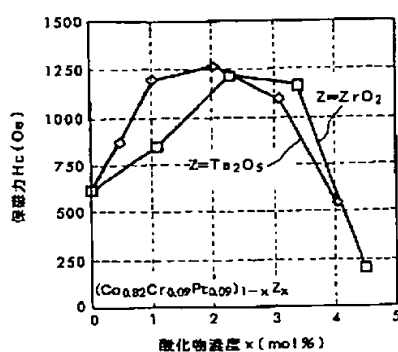
【図3】

図 3



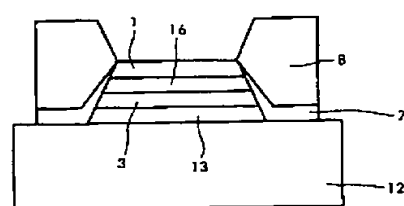
【図4】

図 4



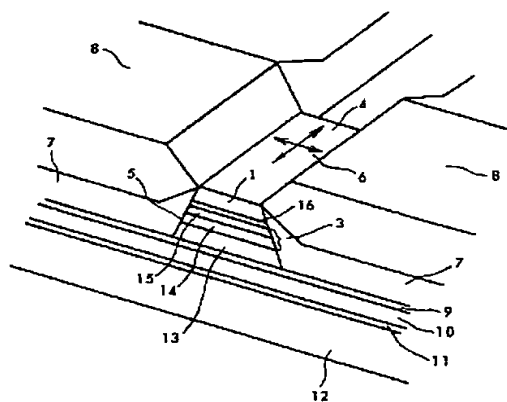
【図6】

図 6



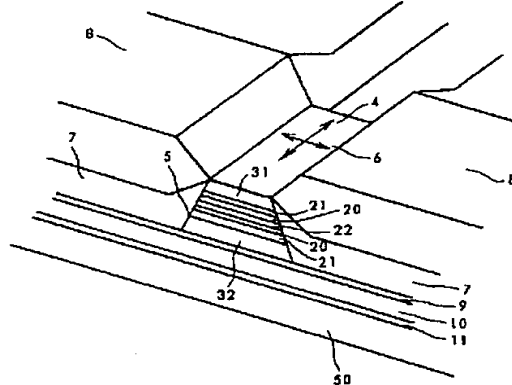
【図5】

図 5



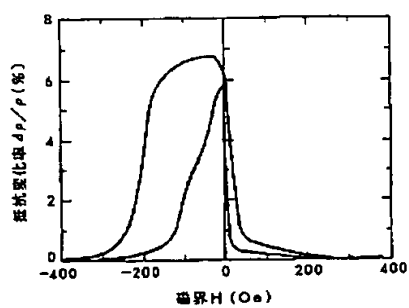
【図7】

図 7



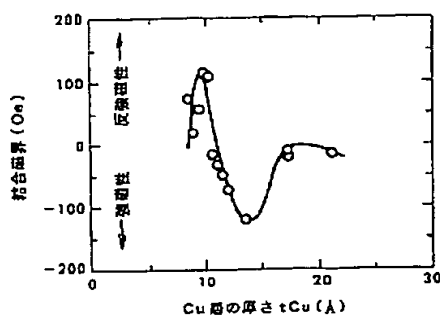
【図9】

図 9



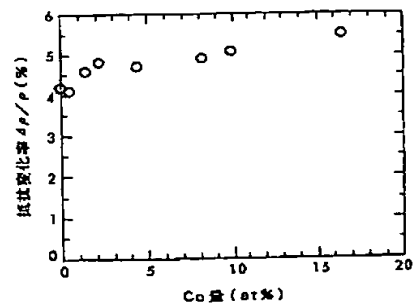
【図10】

図 10



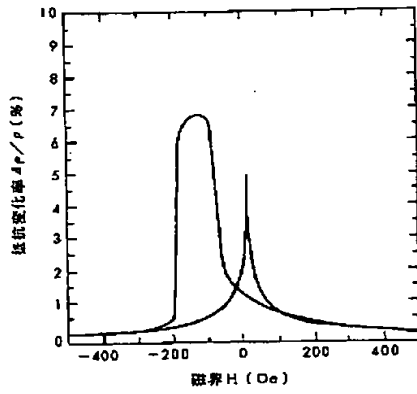
【図11】

図 11



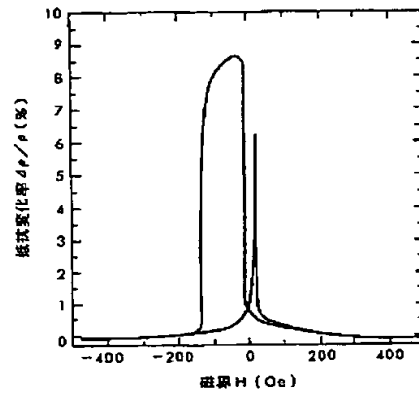
【図12】

図 12



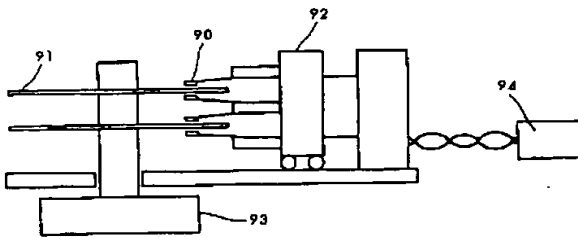
【図13】

図 13



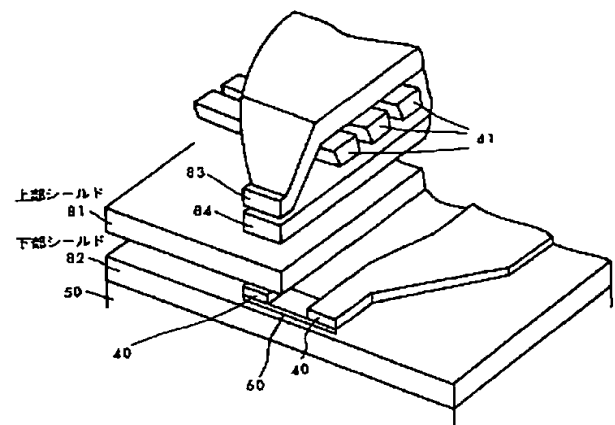
【図14】

図 14



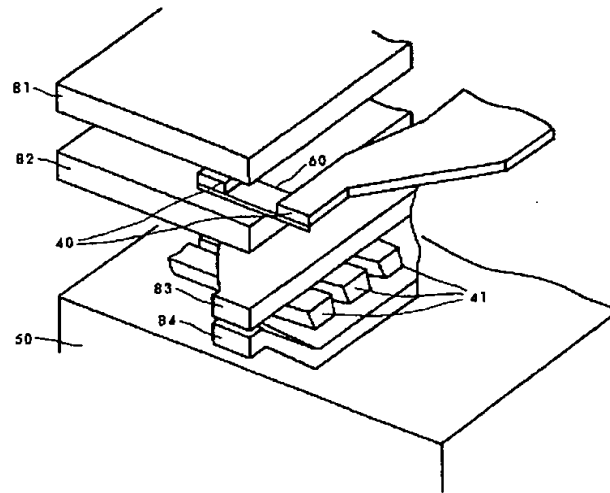
【図15】

図 15



【図16】

図 16



フロントページの続き

(72)発明者 小室 又洋  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 星屋 裕之  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 渡辺 克郎  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 田所 茂  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内  
(72)発明者 平賀 良  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
株式会社日立製作所内